

SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK TRISODIUM FOSFAT
DARI ASAM FOSFAT, SODIUM KARBONAT DAN
SODIUM HIDROKSIDA
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

Laporan Skripsi disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan Gelar

Sarjana



Disusun oleh:

Ade Juraima Listariani (1400020069)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN
YOGYAKARTA

2019

Pernyataan Keaslian Tulisan Skripsi

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

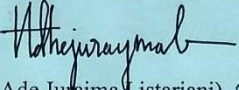
Nama : Ade Juraima Listariani
NIM : 1400020069
Program studi : Teknik Kimia S-1
Fakultas : Teknologi Industri

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya dan partner saya tulis ini dengan judul Prarancangan Pabrik Trisodium Fosfat dari Asam Fosfat, Sodium Karbonat dan Sodium Hidroksida dengan Kapasitas 60.000 ton/tahun benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pikiran orang lain yang kami akui sebagai hasil tulisan atau pikiran kami sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil karya jiplakkan, maka kami bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Yogyakarta, 12 Juni 2019

Yang membuat pernyataan,


(Ade Juraima Listariani)

HALAMAN PERSETUJUAN

**PRARANCANGAN PABRIK TRISODIUM FOSFAT DARI ASAM
FOSFAT, SODIUM KARBONAT DAN SODIUM HIDROKSIDA
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN**

Yang telah dipersiapkan dan disusun oleh :

Ade Juraima Listariani (1400020069)



Telah disetujui oleh

Dosen pembimbing skripsi Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Ahmad Dahlan

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diujikan di depan Dewan Penguji

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Erna", is written over the printed name.

(Dr. Erna Astuti, S.T., M.T., IPM)

NIY. 60960141

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK TRISODIUM FOSFAT DARI ASAM
FOSFAT, SODIUM KARBONAT DAN SODIUM HIDROKSIDA
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN

Disusun oleh :

Ade Juraima Listariani (1400020069)

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal 05 September 2019 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

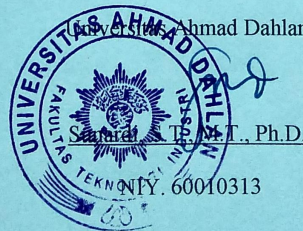
Susunan Dewan Penguji

Ketua : Dr. Erna Astuti, S.T., M.T., IPM
Anggota : 1. Maryudi, S.T., M.T., Ph.D., IPM
2. Agus Aktawan, S.T., M.Eng

Yogyakarta, 16 September 2019

Dekan Fakultas Teknologi Industri

Dr. Saiful H. Ahmad Dahlan



Abstrak

Pabrik trisodium fosfat berkapasitas 60.000 ton/tahun direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun, yang akan didirikan di Gresik, Jawa Timur. Proses produksi trisodium fosfat dilakukan dengan empat buah reaktor RATB dimana reaktor (R-01A) dan (R-01B) difungsikan untuk mereaksikan sodium karbonat dan asam fosfat dengan konversi reaksi sebesar 95%, sedangkan pada reaktor (R-02A) dan (R-02B) difungsikan untuk mereaksikan disodium fosfat dengan sodium hidroksida dengan konversi reaksi 95%. Untuk menghasilkan produk sesuai perhitungan, maka dibutuhkan bahan baku asam fosfat sebanyak 91.013,84420 kg/jam, sodium karbonat sebanyak 1.9089,31289 kg/jam dan sodium hidroksida sebanyak 6.538,16063 kg/jam. Dari analisis ekonomi terhadap pabrik trisodium fosfat menunjukkan keuntungan sebelum pajak Rp 343.884.133.026,49 per tahun, setelah dipotong pajak keuntungan mencapai Rp 206.330.479.815,89 per tahun. *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak 49,05% dan setelah pajak 29,43%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 1,69 tahun dan setelah pajak 2,54 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 42,486% dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 27,30% dan DCFR sebesar 48,92%. Dari data analisis kelayakan di atas disimpulkan, bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk didirikan.

Kata kunci: Trisodium fosfat, disodium fosfat, CSTR/RATB

Abstract

Trisodium phosphate plant with capacity production of 60,000 tons/year is planned to be operated for 330 days/year, which will be established in Gresik, East Java. Trisodium phosphate production process is produced with four reactors, reactor RATB (R-01A) and (R-01B) to react sodium carbonate and phosphoric acid with conversion reaction of 95%, where in the reactor (R-02A) and (R-02B) are enabled for reacting disodium phosphate with sodium hydroxide with a conversion reaction 95%. Trisodium phosphate production required phosphoric acid as much as 91.013,84420 kg/hour, sodium carbonate as much as 1.9089,31289 kg/hour and sodium hydroxide as much as 6.538,16063 kg/h. Economic analysis of trisodium phosphate plant shows a profit before tax is Rp 343.884.133.026,49 per year and after tax profit reached Rp 206.330.479.815,89 per year. Percent Return On Investment (ROI) before tax 49,05% and after-tax 29,43% respectively. Pay Out Time (POT) before tax 1.69 year and after tax year 2.54 years. Break Even Point (BEP) is 42,486% and Shut Down Point (SDP) is 27,30% and DCFRR is about 48,92%.

Feasibility analysis of trisodium phosphate plant can be concluded that the plant is profitable and viable to set up.

Keywords: Trisodium phosphate, disodium phosphate, CSTR/RATB

I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Pembangunan industri merupakan salah satu dari usaha ekonomi jangka panjang yang bertujuan untuk menciptakan struktur ekonomi yang lebih baik dan seimbang. Sektor industri mengalami peningkatan baik dari segi kuantitas dan kualitas, salah satunya industri kimia. Hal ini memacu Indonesia untuk lebih meningkatkan dalam melakukan terobosan-terobosan baru sehingga menghasilkan produk yang mempunyai daya saing tinggi, efektif, dan efisien.

Salah satu produk yang dibutuhkan saat ini adalah trisodium fosfat ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$). Trisodium fosfat merupakan bahan yang sangat penting dalam dunia industri dan rumah tangga. Dalam industri, trisodium fosfat digunakan sebagai *antiseptic cleaner* yang sangat baik dalam industri pengolahan pangan. Selain itu, trisodium fosfat juga dapat digunakan untuk mengendapkan magnesium, besi, dan kalsium pada pengolahan air pada utilitas. Dalam *boiler treatment*, trisodium fosfat digunakan untuk mencegah pembentukan kerak. Dalam rumah tangga, trisodium fosfat digunakan sebagai pembersih barang pecah belah dan campuran pembersih tangan dan wajah. Trisodium fosfat juga banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku utama untuk industri pembuatan detergen. Kebutuhan detergen di Indonesia mengalami peningkatan tiap tahunnya dikarenakan kenaikan jumlah penduduk. Menurut data Badan Pusat Statistik Indonesia, tercatat jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2010 sebanyak 234.641.326 jiwa, dan peningkatan jumlah penduduk dari tahun 2010 hingga 2016 sebesar 1,36% (Badan Pusat Statistik, 2010).

Pemenuhan kebutuhan trisodium fosfat di Indonesia saat ini masih diimpor dari luar negeri. Berdasarkan beberapa pertimbangan seperti mengurangi ketergantungan terhadap impor, menghemat devisa negara, membuka lapangan pekerjaan sehingga mengurangi pengangguran, dan meningkatkan potensi industri kimia dalam negeri, pendirian pabrik trisodium fosfat di Indonesia merupakan pilihan yang tepat. Selain itu bahan baku yang digunakan untuk membuat trisodium fosfat dapat diperoleh dari Indonesia sendiri.

I.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

Pabrik trisodium fosfat ini direncanakan didirikan pada tahun 2023. Penentuan kapasitas produksi pabrik perlu memperhatikan beberapa faktor yaitu :

1. Kebutuhan Trisodium Fosfat di Indonesia

Berdasarkan data BPS, jumlah impor trisodium fosfat di Indonesia dari tahun ke tahun seperti tabel 1.1 berikut :

Tabel 1.1. Data Impor Trisodium Fosfat di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton)
2012	2127,27
2013	2000,94
2014	1750,73
2015	2095,22
2016	3165,30
2017	3530,52

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2017)

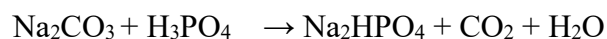
Faith and Keyes (1975) dalam Industrial Chemical menyebutkan bahwa kapasitas yang disyaratkan secara ekonomi menguntungkan untuk trisodium fosfat adalah 35.000-80.000 ton/tahun.

I.4. Tinjauan Pustaka

Pembersih *heavy-duty* mengandung trisodium fosfat sebagai sumber utama alkalinitas. Kristal trisodium fosfat *dodecahydrate* dijual sebagai bahan pembersih dan penghilang cat (Kirk dan Othmer, 1982).

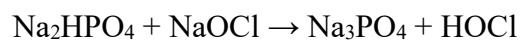
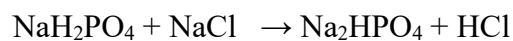
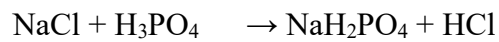
1. Pembuatan trisodium fosfat dengan menggunakan bahan baku asam fosfat, sodium karbonat, dan sodium hidroksida (Faith and Keyes, 1975).

Asam fosfat dan sodium karbonat direaksikan pada suhu 85 – 100 °C yang akan menghasilkan disodium fosfat. Kemudian disodium fosfat panas dimasukkan ke dalam tangki untuk direaksikan dengan sodium hidroksida, sehingga menghasilkan trisodium fosfat. Larutan dipertahankan pada kondisi 90 °C. Larutan panas kemudian disaring untuk menghilangkan *white mud* dan dilanjutkan menuju *crystallizer*. Larutan trisodium fosfat yang masih bercampur dengan *mother liquor* dilewatkan ke dalam pemisah. Kemudian padatan dilewatkan ke dalam *rotary dryer*. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



2. Pembuatan trisodium fosfat dengan menggunakan bahan baku asam fosfat, sodium klorida, dan *sodium hypochloride* (Kirk and Othmer, 1982).

Proses ini menggunakan bahan baku asam fosfat dan sodium klorida. Produk ini bereaksi pada suhu 40 °C. untuk menghasilkan trisodium fosfat dilakukan penambahan *sodium hypochloride* pada larutan sodium fosfat. Larutan yang terbentuk dikontakkan dengan *sodium silica* 0,5% sebagai katalisator. Selanjutnya diikuti dengan proses pendinginan, kristalisasi, dan granulasi. Kemudian dengan suhu rendah dilakukan *air-cooling* dan *drying*. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Berdasarkan macam-macam proses tersebut, dipilih proses pembuatan trisodium fosfat dengan menggunakan bahan baku asam fosfat, sodium karbonat, dan sodium hidroksida dengan pertimbangan sebagai berikut :

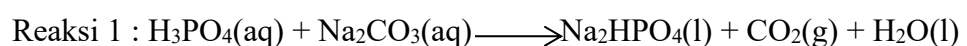
1. Alat yang digunakan sederhana
2. Produk yang dihasilkan memiliki kemurnian tinggi
3. Tidak menggunakan katalis

I.5. Tinjauan kinetika

Secara umum derajat kelangsungan reaksi ditentukan oleh:

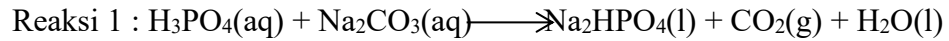
1. Konstanta kecepatan reaksi
2. Orde reaksi
3. Konsentrasi reaktan

Hal ini dapat dilihat dari persamaan laju reaksi sebagai berikut:





Secara kinetika, persamaan reaksi diatas dapat ditulis sebagai berikut:



Harga Konstanta kecepatan reaksi dapat dihitung dari data waktu tinggal sebesar 45 menit temperatur 90°C. (US Patent)

Dengan sifat reaksi :

- Homogen
- *Irreversible*
- Eksotermis
- Orde dua
- Konversi Asam Phosphat = 95,6%

Reaksi berlangsung dalam reaktor alir tangki berpengaduk dengan kondisi operasi:

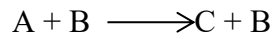
- Temperatur = 90°C
- Tekanan = 1 atm

(Faith Keyes, 1975)

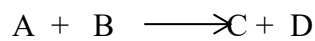
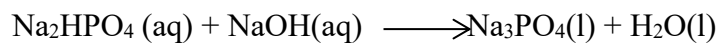
Reaksi 1 adalah reaksi elementer, mekanisme reaksi yang terjadi adalah suatu tumbukan antara satu molekul A dan satu molekul B, dan jumlah tumbukan antara A dan B proporsional dengan kecepatan reaksi, jadi persamaan k berkurangnya A (H_3PO_4).

(Faith Keyes, 1975)

Reaksi pembentukan *trisodium phosphate* dapat dilihat dari persamaan berikut :



Reaksi pembentukan $\text{Na}_3\text{PO}_4(\text{l})$



$$-r_A = - \frac{dC_A}{dt} = k C_A.C_B$$

$$-r_A = k.C_A.C_B$$

$$-r_A = k (C_{A0} - (1-X_A)) (C_{B0} - (1-X_A))$$

$$-r_A = k (C_{A0} - C_{A0}X_A) (C_{B0} - C_{A0}X_A)$$

$$-r_A = k C_{A0}^2 (1-X_A) (M-X_A)$$

$$M = C_{B0}/C_{A0}$$

(Levenspiel, 1999)

Dengan sifat reaksi :

- Homogen
- *Irreversible*
- Eksotermis
- Orde dua
- Konversi $\text{Na}_2\text{HPO}_4 = 99,4\%$

Reaksi berlangsung dalam reaktor alir tangki berpengaduk dengan kondisi operasi:

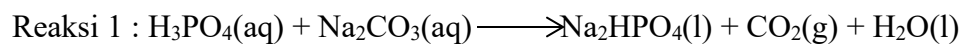
- Temperatur = 90°C
- Tekanan = 1 atm

(Faith Keyes, 1975)

II. URAIAN PROSES

Reaksi pembuatan trisodium fosfat dilakukan dalam reaktor tangki berpengaduk pada suhu 90 °C dan tekanan 1 atm. Reaksi berlangsung pada fase cair-cair dan bersifat eksotermis sehingga untuk mencapai reaksi yang diinginkan digunakan pendingin.

Reaksi :



(Faith, Keyes and Clark, 1973)

Secara garis besar, proses pembuatan trisodium fosfat dengan bahan baku sodium karbonat, asam fosfat, dan sodium hidroksida dapat dibagi menjadi lima tahap :

II.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan trisodium fosfat adalah sodium karbonat, asam fosfat, dan sodium hidroksida. Untuk keperluan ini digunakan sodium karbonat 99%, asam fosfat 98%, dan

sodium hidroksida 98%. Bahan baku asam fosfat disimpan dalam tangki penyimpanan asam fosfat pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm, kemudian diencerkan dalam *mixer-01* sampai kadarnya menjadi 62% dari kadar mula-mula 98%. Asam fosfat dipompa menggunakan pompa jenis sentrifugal ke *RDVF-01* untuk dipisahkan dari impuritisnya pada suhu 90 °C, kemudian filtrat dialirkan ke reaktor IA.

Bahan baku sodium karbonat diangkut menggunakan *bucket elevator-02* secara vertikal menuju *silo-02*, keluaran bahan baku dari *silo-02* diangkut menggunakan *screw conveyor-01*, selanjutnya diangkut menggunakan *bucket elevator-04* secara vertikal ke *hopper-01* sebagai tempat penyimpanan sementara. *Hopper* berupa silinder tegak terbuka dengan dasar berbentuk *conis* dilengkapi dengan *weight feeder* untuk mengatur laju umpan ke tangki pelarutan. Sodium karbonat dari *hopper-01* dilarutkan pada tangki pelarutan yang dilengkapi dengan penganduk dan jaket pemanas. Konsentrasi larutan sodium karbonat yang keluar dari tangki pelarutan 30% berat Na_2CO_3 . Sodium karbonat dipompa menggunakan pompa jenis sentrifugal ke *RDVF-02* untuk dipisahkan dari impuritisnya pada suhu 90 °C, kemudian filtrat dialirkan ke reaktor IA.

Bahan baku sodium hidroksida diangkut menggunakan *bucket elevator-01* secara vertikal menuju *silo-01*, keluaran bahan baku dari *silo-01* diangkut menggunakan *screw conveyor-02*, selanjutnya diangkut menggunakan *bucket elevator-04* secara vertikal ke *hopper-02* sebagai tempat penyimpanan sementara. *hopper* berupa silinder tegak terbuka

dengan dasar berbentuk *conis* dilengkapi dengan *weight feeder* untuk mengatur laju umpan ke tangki pelarutan. Sodium hidroksida dari *hopper-02* dilarutkan pada tangki pelarutan yang dilengkapi dengan pengaduk dan jaket pemanas. Konsentrasi larutan sodium hidroksida yang keluar dari tangki pelarutan 50% berat NaOH, kemudian sodium hidroksida dipompa menggunakan pompa jenis sentrifugal ke reaktor IIA.

II.2. Pembentukan Disodium Fosfat

Larutan asam fosfat dialirkan ke dalam reaktor direaksikan dengan sodium karbonat. Reaktor yang digunakan adalah *continous stired tank reactor (CSTR)* yang dilengkapi dengan pengaduk dan jaket pendingin. Sebagai media pendingin digunakan air. Kondisi operasi reaktor pada suhu 90 °C dan tekanan 1 atm, reaksi yang terjadi dalam reaktor 1 adalah:

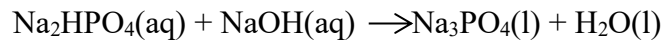


Hasil reaksi berupa gas CO₂ akan keluar melalui pipa pembuangan. Hasil utama pada reaktor IA yaitu disodium fosfat.

II.3. Pembentukan Trisodium Fosfat

Larutan disodium fosfat keluar dari reaktor IB selanjutnya kemudian dialirkan ke reaktor IIA dengan menggunakan pompa untuk direaksikan dengan sodium hidroksida 50% berat NaOH. Reaktor II juga

dilengkapi dengan jaket pendingin dan pengaduk. Kondisi operasi reaktor pada suhu 90 °C dan tekanan 1 atm. Dalam reaktor terjadi reaksi:

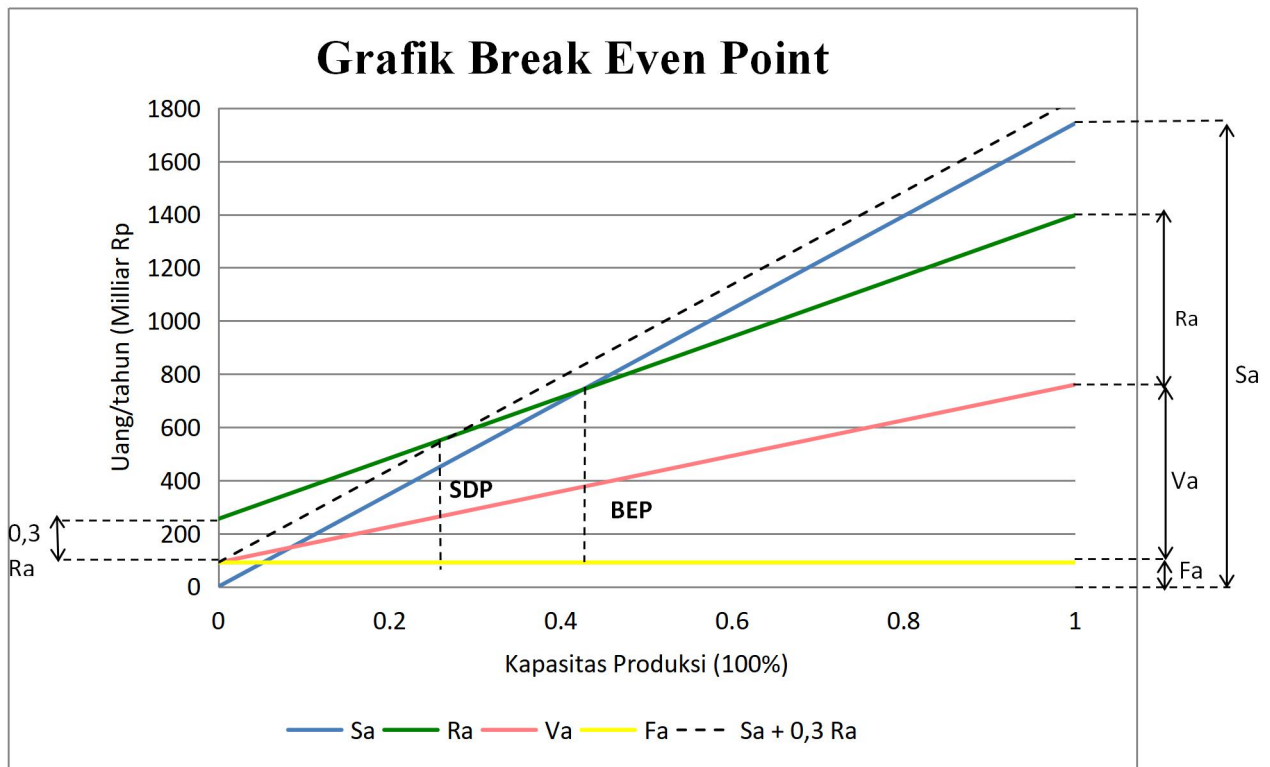


II.4. Pengkristalan Trisodium Fosfat

Trisodium fosfat dari reaktor IIB dipompa menuju evaporator untuk dipekatkan. Larutan jenuh keluar evaporator dengan suhu 100 °C selanjutnya dipompa menuju *crystallizer*. Proses kristalisasi dilakukan pada suhu 55 °C. Hasil keluaran *centrifuge* yaitu *mother liquor* yang terbentuk di *recycle* ke reaktor IA, kemudian hasil keluaran *centrifuge* berupa kristal dipompa menuju *rotary dryer* untuk dipisahkan.

II.5. Pengeringan Produk Trisodium Fosfat

Kristal yang telah dipisahkan dari *centrifuge* selanjutnya dikeringkan dalam *rotary dryer* untuk menguapkan airnya. Sebagai media panas dalam *rotary dryer* digunakan *steam*.



Gambar X.2. Grafik Hubungan antara Kapasitas Produksi dengan Biaya

III. KESIMPULAN

Berdasarkan tinjauan jenis reaksi yang terjadi, bahan baku yang digunakan, dan pabriknya pernah dibuat sebelumnya, maka pabrik trisodium fosfat dari asam fosfat, sodium karbonat dan sodium hidroksida ini tergolong sebagai pabrik beresiko tinggi. Perhitungan evaluasi ekonomi menunjukkan :

1. Persen *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak besarnya 49,05%.

Menurut Aries dan Newton (1955) nilai ROI sebelum pajak untuk pabrik beresiko minimal 44%.

2. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 1,69 tahun. Menurut Aries dan Newton, POT sebelum pajak untuk pabrik beresiko tinggi maksimum 2 tahun.
3. *Break Even Point* (BEP) besarnya 42,486%. Pendirian pabrik kimia umumnya BEP sebesar 40% sampai 60%.
4. *Shut Down Point* (SDP) besarnya 27,30%. Pendirian pabrik kimia umumnya SDP sebesar 25% sampai 40%.
5. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) besarnya 48,92%. Suku bunga bank saat ini sekitar 10% - 14%, jadi DCFRR lebih besar dari suku bunga pinjaman di bank.

Dari hasil evaluasi ekonomi di atas, dapat disimpulkan bahwa pabrik trisodium fosfat dari asam fosfat, sodium karbonat dan sodium hidroksida dengan kapasitas 60.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistika, 2012 – 2017, *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*, vol. I., BPS., Jakarta: Indonesia.
- Brownell, L.E. & Young, E.H, 1959, *Process Equipment Design*, New Delhi: Wiley Eastern, Ltd.
- Coulson & Richardson, 2005, *Chemical Engineering Design*, Vol. 6. 4th Edition. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Degremont, 1991, *Water Treatment Handbook*. Sixth Edition. France: Lavoisier Publishing.
- Geankoplis, C.J., 1997, *Transport Process and Unit Operation*, Ally and Bacon: New York.
- Joel, B. J., 1968, *Process Controlling Density Trisodium Phosphates*, US Patent.
- John, N. C., 1928, *Method For Making Trisodium Phosphates*, US Patent.
- Kawamura, 1991, *An Integrated Calculation of Wastewater Engineering*, New York: John Wiley and Sons Inc.
- Kern, D.Q., 1965, *Process Heat Transfer*, McGraw Hill: New York
- Kemmer, Frank N., 1988, *The Nalco Water Handbook 2nd Edition*, New York: McGraw-Hill Book Company.
- Klauss, B., 1959, *Process For The Manufacture Of Neutralization Products From Phosphoric Acid And Sodium Carbonate*, US Patent.
- Laporan Pemerintah Provinsi Jawa Timur, 2009, Status Mutu Air Sungai Lamongan.

- Madura, Jeff, 2000, *Introduction to Business 2nd Edition*. USA: South-Western College Publishing.
- McCabe, W.L., Julian Smith dan Peter Harriott, 1999, *Operasi Teknik Kimia*, Jakarta: Erlangga.
- Metcalf & Eddy, 1991, *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse*, New Delhi: McGraw-Hill Book Company.
- Othmer, Kirk, 1949, *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*, New York: John Wiley and Sons Inc.
- Perry, Robert H. dan Dow W. Green, 1999, *Chemical Engineering Handbook 7th Edition*, New York: McGraw-Hill Book Company.
- Peters, M.S, Klaus D. Timmerhaus dan Ronald E. West, 2004, *Plant Design and Economics for Chemical Engineer 5th Edition, International Edition*, Singapore: Mc.Graw-Hill.
- Reid, Robert C., John M. Prausnitz, dan Bruce E. Poling, 1987, *The Properties of Gases and Liquids 4th Edition R.R*, New York: Donnelley & Sons Company.
- Reklaitis, G.V., 1983, *Introduction to Material and Energy Balance*, New York: McGraw Hill Book Company.
- Rusjdi, Muhammad, 2004, *PPh Pajak Penghasilan*, Jakarta: PT Indeks Gramedia
- Rusjdi, Muhammad, 2004, *PPN dan PPnBM: Pajak Pertambahan Nilai dan Pajak atas Barang Mewah*, Jakarta: PT Indeks Gramedia.
- Siagian, Sondang P., 1992, *Fungsi-fungsi Manajerial*, Jakarta: Offset Radar Jaya.

- Smith, J.M. dan H.C. Van Ness, 2006, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 6th ed*, New York: McGraw Hill Book Company.
- Sutarto, 2002, *Dasar-dasar Organisasi*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Taylor, G. E. 1942, *Production of Trisodium Phosphates*, US Patent.
- Treybal, Robert E., 1987, *Mass Transfer Operations*, USA: Mc.GrawHill Book Company.
- Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, New York: John Wiley and Sons.
- Walas, Stanley M., 1988, *Chemical Proses Equipment*, Departement of Chemical
- Waluyo, 2000, *Perubahan Perundang-undangan Perpajakan Era Reformasi*, Jakarta: Penerbit Salemba Empat.
- Yaws, C.L., 1998, *Yaws' Handbook of Thermodynamic and Physical Properties of Chemical Compounds*, New York: John Wiley and Sons